

2. Уласовец, В.Г. Технологические основы производства пиломатериалов: учеб. пособие [для лесотехнических вузов] / В.Г. Уласовец. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. – 510 с.
3. Уласовец, В.Г. Рациональный раскрой пиловочника: монография / В.Г. Уласовец. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. – 278 с.
4. Боровиков Е.М., Фефилов Л.А., Шестаков В.В. Лесопиление на агрегатном оборудовании. М.: Лесн. пром-сть, 1985. 216 с.

УДК 674.093

Е.А. Мухурова, А.А. Янушкевич, С.В. Шетько
(E.A. Muhurova, A.A. YAnushkevich, S.V. SHet'ko)
(БГТУ, г. Минск, РБ)
E-mail для связи с авторами: tidid@belstu.by

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАСПИЛОВКЕ БРЕВЕН ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

INDIVIDUAL APPROACH TO SAWING HARDWOOD LOGS

Основная задача работы заключается в вовлечении в переработку низкокачественной лиственной древесины. Для ее решения был разработан индивидуальный подход к распиловке бревен лиственных пород, который учитывает особенности формы ствола, наибольшим образом оказывающие влияние на объемный выход длинномерной пилопродукции.

The main task of the work is to engage in the processing of low-grade hardwood. To solve this problem was developed by an individual approach to sawing hardwood logs, which takes into account its particular shape of the barrel, which most affect the volume of sawn timber output is lengthy.

В Республике Беларусь основные принципы организации лесопользования определены следующими нормативными документами: Государственной программой развития лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 годы, Национальной стратегией устойчивого развития Республики Беларусь и Лесным кодексом Республики Беларусь.

Названными документами определены следующие цели при организации лесопользования: рациональное использование лесов, обеспечение относительно постоянного лесопользования в пределах лесного фонда, осуществление экологизированного (природосовместимого) лесопользования.

Для выполнения перечисленных целей необходимо решать задачу рационального комплексного использования древесины и других продуктов, получаемых при лесопользовании.

В Беларуси наиболее широко используется древесина хвойных пород, однако ее запасы с каждым годом сокращаются все интенсивнее, что заставляет задуматься о вовлечении в переработку лиственной древесины. Для соблюдения принципов лесопользования необходимо учитывать особенности лиственного сырья при его использовании в лесопилении.

Лиственное сырье, поступающее на лесопильные заводы, характеризуется преобладанием сортиментов небольших диаметров и сравнительно невысоким качеством. Такая картина связана с тем, что лучшая по качеству древесина лиственных пород используется в фанерном и спичечном производстве. Основными показателями,

снижающими сортность листового пиловочного сырья, являются такие недостатки, как сучки и кривизна ствола. На объемный выход пилопродукции (показатель, который характеризует рациональность и целесообразность использования сырья) оказывает влияние кривизна ствола.

Таким образом, при вовлечении в переработку листового сырья необходимо разработать индивидуальный подход к его рациональной переработке. Современное лесопиление требует разработки вопросов оптимизации при индивидуальном подходе к раскрою каждого конкретного бревна.

Проведенные ранее исследования [1, 2] позволили сформулировать технологию переработки бревен с кривизной на пилопродукцию целевого назначения:

- сканирование бревна и регистрацию его размеров и особенностей формы ствола;
- виртуальный раскрой бревна на пилопродукцию целевого назначения;
- выбор оптимальной схемы раскроя с учетом размеров и особенностей формы ствола;
- сортировку и распиловку бревна по оптимальным схемам, обеспечивающим наибольший объемный выход пилопродукции целевого назначения.

Для получения информации о размерах и особенностях формы бревен, поступающих на предприятие, необходимо просканировать каждое бревно при помощи соответствующего измерительного комплекса. Реализация данного этапа возможна при наличии измерительного устройства (измерительный комплекс, разработанный в БГТУ) [2, 3] и специальных технологических программ, которые в совокупности позволяют фиксировать размерные и качественные характеристики бревна, а именно стрелу прогиба.

Измерительный комплекс, разработанный в БГТУ, состоит из двух линейных видеокамер с помещенными в центре объективов точечными источниками света и двумя панелями с нанесенным на них световозвращающим покрытием. В основу принципа измерений положено фиксирование линейными видеокамерами двух теней объекта на световозвращающих покрытиях в сходящихся лучах. Затем с помощью персонального компьютера рассчитываются диаметр и центр круга, вписанного в четырехугольник, образованный пересечением крайних лучей на границах теней. Измерительный комплекс фиксирует координаты теней объекта (бревна) через каждые 5 см его длины. Обработка полученной информации при помощи созданной программы [3] позволяет получить информацию о размерах и пороках формы ствола (стреле прогиба), каждого бревна.

Следующим этапом является составление оптимальной схемы раскроя бревна, имеющего кривизну, на длинномерную пилопродукцию. Схема раскроя и условные обозначения представлены на рисунке 1.

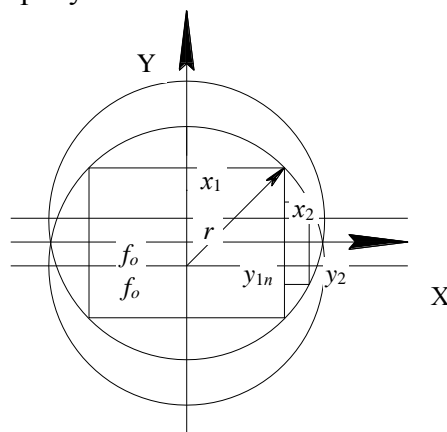


Рис. 1. Схема раскроя бревна, имеющего кривизну, на длинномерную пилопродукцию

Для определения оптимальных размеров была разработана математическая модель [1, 2, 4]:

$$x_1 = \sqrt{\frac{r^2}{2} - \frac{f_0^2}{8} - \frac{f_0}{2} \sqrt{\frac{f_0^2}{16} + \frac{r^2}{2}}} \quad (1)$$

$$y_{1n} = 2\left(\sqrt{\frac{f_0^2}{16} + \frac{r^2}{2}} - \frac{3}{4}f_0\right) + \sqrt{\frac{r^2(k+1)^2}{4} - x_1^2} - \sqrt{r^2 - x_1^2} \quad (2)$$

$$x_2 = \frac{3r^2 - 3x_1^2 - f_0^2 - f_0\sqrt{3r^2 - 3x_1^2 + f_0^2}}{9x_1} \quad (3)$$

Для нахождения ширины боковой доски было установлено, что если $a + b - f \geq 2b$, то $y_2 = 2b$, (4)

а если $a + b - f < 2b$, то $y_2 = a + b - f$, (5)

где

$$a = \sqrt{r_{cep} - (x_1 + x_2)^2},$$

$$b = \sqrt{r^2 - (x_1 + x_2)^2},$$

$$r_{cep} = \frac{r(k+1)}{2},$$

где k – коэффициент сбега бревна.

Для проверки разработанного математического аппарата были проведены расчеты теоретического объемного выхода длинномерных пиломатериалов из бревен диаметром 18–34 см при безопилочном делении и без учета усушки, с коэффициентом сбега 1,13, длиной 3, 4 и 5 м. Были найдены оптимальный объемный выход пиломатериалов из прямых бревен и имеющих кривизну 1, 2 и 3 %, которая допускается стандартом [5]. Был рассчитан выход пиломатериалов из бревен с кривизной, которые распиливались по схемам, составленным для прямых бревен. Оптимальный выход из прямого бревна равен 68,27 %. Остальные результаты расчетов представлены в таблице.

Выход длинномерной пилопродукции при безопилочном делении
без учета усушки в различных схемах распиловки

d , см	Оптимальный выход из бревна, имеющего кривизну, %								
	$L = 3$ м			$L = 4$ м			$L = 5$ м		
	$f = 1$ %	$f = 2$ %	$f = 3$ %	$f = 1$ %	$f = 2$ %	$f = 3$ %	$f = 1$ %	$f = 2$ %	$f = 3$ %
18	55,23	40,94	27,81	50,36	32,04	16,23	45,59	23,76	6,73
20	56,72	43,71	31,61	52,30	35,53	20,65	47,96	27,81	11,17
22	57,93	46,02	34,81	53,89	38,46	24,48	49,92	31,26	15,27
24	58,95	47,96	37,54	55,23	40,94	27,81	51,57	34,21	18,96
26	59,82	49,62	39,88	56,37	43,07	30,72	52,97	36,76	22,25
28	60,57	51,05	41,93	57,35	44,92	33,28	54,18	38,99	25,19
30	61,21	52,30	43,71	58,21	46,53	35,53	55,23	40,94	27,81
32	61,78	53,39	45,30	58,95	47,96	37,54	56,16	42,67	30,17
34	62,67	54,37	46,70	59,62	49,23	39,33	56,98	44,21	32,29
18	52,82	33,11	19,92	46,96	24,31	6,73	41,10	15,52	0,00
20	54,58	38,76	23,87	49,31	27,83	12,01	44,03	19,92	0,00
22	56,02	41,64	27,11	51,23	30,71	16,32	46,43	23,52	0,00
24	57,22	44,03	29,81	52,82	35,24	19,92	48,43	26,51	0,00
26	58,23	46,06	33,89	54,18	37,95	22,96	50,12	29,05	13,83
28	59,10	47,80	36,50	55,34	40,27	25,57	51,57	32,73	17,09
30	59,86	49,31	38,76	56,34	42,28	27,83	52,82	35,24	19,92
32	60,52	50,63	40,74	57,22	44,03	29,81	53,92	37,44	22,39
34	61,10	51,79	42,48	58,00	45,58	33,17	54,89	39,38	24,57

Для анализа полученных результатов были составлены графики на рисунке 2.

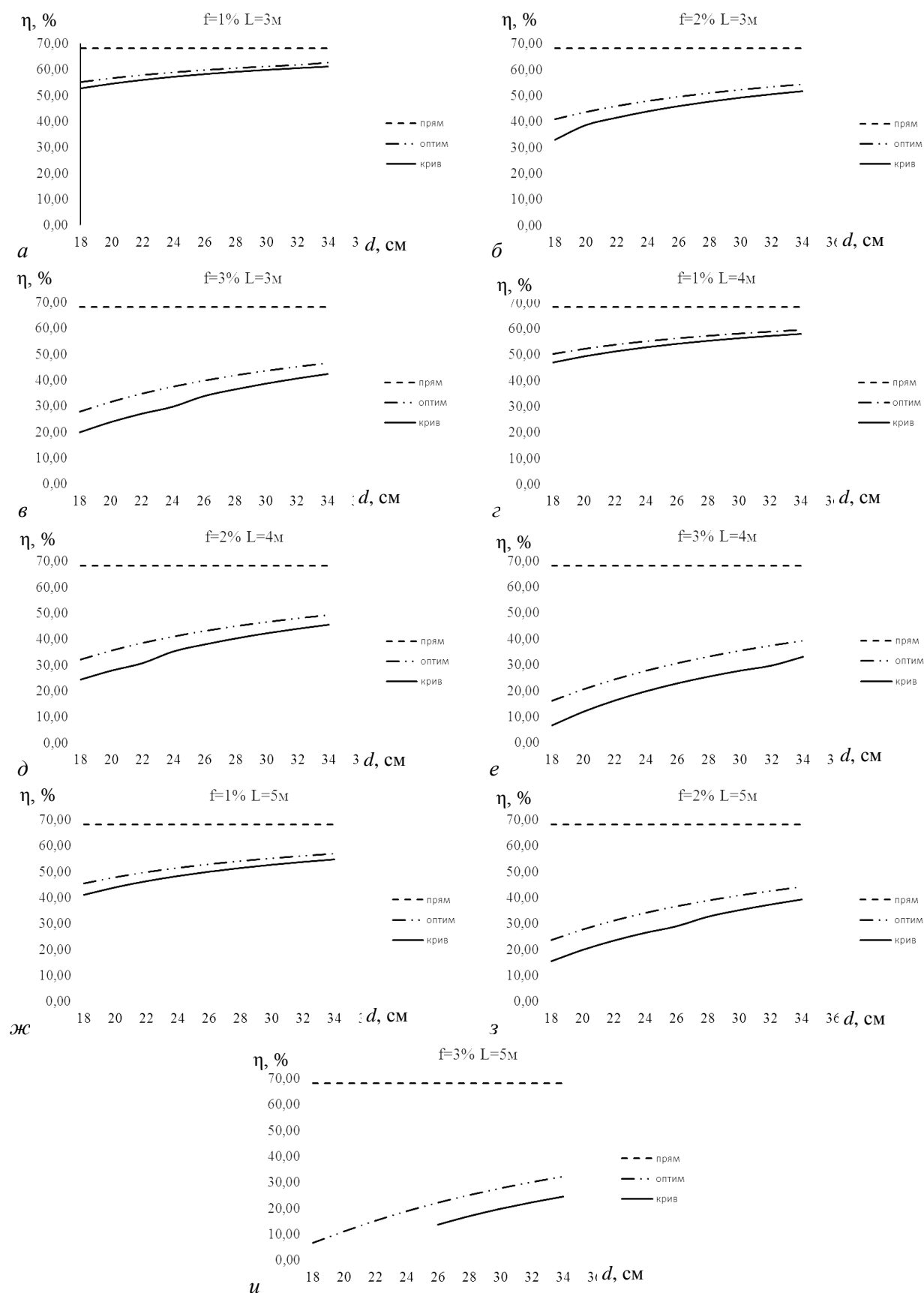


Рис. 2. Графики зависимости теоретического выхода длинномерных пиломатериалов от стрелы прогиба, длины бревна и схемы распиловки при безопилочном делении без учета усушки

Анализ графиков показывает:

1. При увеличении кривизны разница между оптимальным выходом и выходом, полученным при распиловке кривого бревна по схеме для прямого, увеличивается. Следовательно, распиловка бревен большей кривизны целесообразна по оптимальным схемам [1, 2, 4].

2. При увеличении длины бревна и постоянном проценте кривизны происходит падение оптимального выхода длинномерной пилопродукции. Это объясняется тем, что стрела прогиба с увеличением длины сортиментов будет расти, что подтверждает выводы Г.К. Ступнева: «Для оценки того или иного сортимента имеет значение лишь абсолютная величина стрелы прогиба, поскольку только эта величина может влиять на процентный выход конечной продукции прямолинейной геометрической формы» [6].

3. Наибольшее влияние на падение выхода длинномерных пиломатериалов оказывают длина и кривизна бревна. При некоторых значениях длины и кривизны длинномерных пиломатериалов может вообще не получиться.

Таким образом, при индивидуальном подходе к распиловке бревен лиственных пород необходимо обладать информацией о размерах и стреле прогиба каждого сортимента, что возможно при использовании разработанного в БГТУ измерительного комплекса в совокупности с программным обеспечением. Далее при помощи математической модели, можно составить оптимальную схему распиловки каждого бревна, отталкиваясь от которой, находят рациональную схему, соответствующую спецификации производства. Затем осуществляется сортировка и распиловка бревна по оптимальным схемам, обеспечивающим наибольший объемный выход пилопродукции целевого назначения. Использование индивидуального подхода к распиловке лиственного сырья позволит вовлечь в переработку лиственную древесину и осуществлять ее рациональное потребление.

Библиографический список

1. Янушкевич, А.А. Оптимальные размеры пиломатериалов при распиловке бревен лиственных пород / А.А. Янушкевич, С.В. Шетько, Е.А. Жуковская // Лесная и деревообрабатывающая промышленность: труды БГТУ: сборник науч. трудов. – Сер. II. – Вып. XVIII. – Минск, 2010. – С. 205–208.

2. Мухурова, Е.А. Совершенствование математического аппарата измерительного комплекса для регистрации кривизны бревен / Е.А. Мухурова, С.В. Шетько, А.А. Янушкевич // Лесная и деревообрабатывающая промышленность: труды БГТУ. – 2016. – № 2.

3. Пат. 7986 Республика Беларусь, С1 2006.04.30. Устройство для измерения диаметров круглых лесоматериалов / Янушкевич А.А., Шетько С.В., Василенок Г.Д.; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № a200330492; заявл. 06.06.03; опубл. 30.04.06 // Афіцыйны бюл. – 2006. – № 2. – С. 108.

4. Жуковская Е.А. Составление рациональных поставок на распиловку бревен, имеющих кривизну / Е.А. Жуковская, А.А. Янушкевич // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: мат-лы Междунар. науч.-технич. конф., 24–26 ноября 2010 г.: в 2 ч. – Минск: БГТУ, 2010. – Ч.1. – С. 416–420.

5. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия: СТБ 1712–2007. – Введ. 07–01–05. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 15 с.

6. Ступнев, Г.К. Новые принципы базирования круглых лесоматериалов при механической обработке / Г.К. Ступнев. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1978. – 56 с.